

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-18901

(P2017-18901A)

(43) 公開日 平成29年1月26日(2017.1.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B01D 53/32 (2006.01)	B01D 53/32 ZAB	2G084
B01D 53/30 (2006.01)	B01D 53/30	4C080
B01D 53/44 (2006.01)	B01D 53/44	4D002
B01D 53/58 (2006.01)	B01D 53/58	4D048
B01J 19/08 (2006.01)	B01J 19/08 E	4D148

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-139078 (P2015-139078)
 (22) 出願日 平成27年7月10日 (2015.7.10)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 110001092
 特許業務法人サクラ国際特許事務所
 (72) 発明者 宇井 明生
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 (72) 発明者 佐藤 陽介
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 (72) 発明者 秋田 征人
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

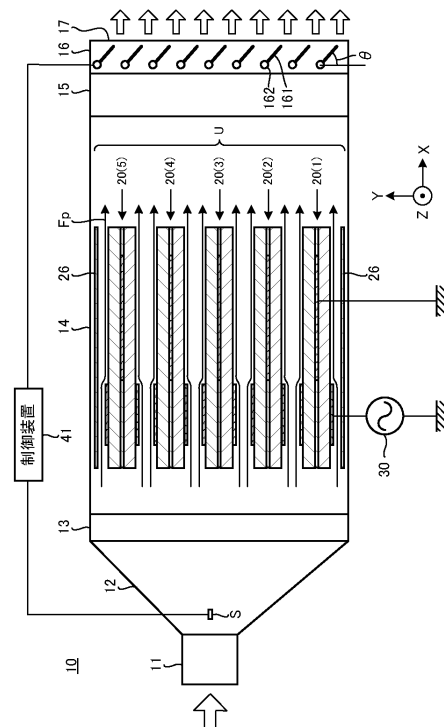
(54) 【発明の名称】 ガス処理装置

(57) 【要約】

【課題】 効率的なガスの処理を可能とするガス処理装置を提供する。

【解決手段】 実施形態のガス処理装置は、離間して並列に配置され、第1、第2の主面を有する、複数の誘電体基板と、前記複数の誘電体基板の第1、第2の主面上に配置される、複数の第1、第2の電極と、前記複数の誘電体基板の内部に配置される、複数の第3の電極と、を有し、間隔を有して配置される、複数の積層体と、前記複数の積層体間に対象ガスを供給するガス流路と、前記複数の第1、第2の電極と前記第3の電極間に交流電圧を印加して、前記複数の誘電体基板の間に前記対象ガスの複数のプラズマ誘起流を生成する交流電源と、前記複数の積層体の下流側に配置され、前記対象ガスの流量を制限する流量制限機構と、を具備する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

離間して並列に配置され、第1、第2の主面を有する、複数の誘電体基板と、前記複数の誘電体基板の第1、第2の主面上に配置される、複数の第1、第2の電極と、前記複数の誘電体基板の内部に配置される、複数の第3の電極と、を有し、間隔を有して配置される、複数の積層体と、

前記複数の積層体間に対象ガスを供給するガス流路と、

前記複数の第1、第2の電極と前記第3の電極間に交流電圧を印加して、前記複数の誘電体基板の間に前記対象ガスの複数のプラズマ誘起流を生成する交流電源と、

前記複数の積層体の下流側に配置され、前記対象ガスの流量を制限する流量制限機構と

10

を具備するガス処理装置。

【請求項 2】

前記複数の誘電体基板間の間隙の厚さが、前記複数の誘電体基板間に形成される前記プラズマ誘起流の厚さの1.3倍以下である、

請求項1記載のガス処理装置。

【請求項 3】

前記複数の積層体と前記流量制限機構の間に配置されるオゾン処理触媒をさらに具備する、請求項1または2に記載のガス処理装置。

【請求項 4】

前記複数の積層体の上流側に配置される、第2のオゾン処理触媒をさらに具備する、請求項3記載のガス処理装置。

20

【請求項 5】

前記複数の積層体の上流側に配置され、前記対象ガスの流量を制限する第2の流量制限機構

をさらに具備する、請求項1乃至4のいずれか1項に記載のガス処理装置。

【請求項 6】

前記流量制限機構が、

離間して配置される複数の板状体と、

前記複数の板状体の角度を調節する調節機構と、を有する、

請求項1乃至5のいずれか1項に記載のガス処理装置。

30

【請求項 7】

前記複数のプラズマ誘起流が、上流から下流に向かう第1のプラズマ誘起流と、下流から上流に向かう第2のプラズマ誘起流と、を有する

請求項1乃至6のいずれか1項に記載のガス処理装置。

【請求項 8】

前記第1、第2のプラズマ誘起流が交互に配置される

請求項7記載のガス処理装置。

【請求項 9】

前記第1のプラズマ誘起流に対応する前記第1、第2の電極が、前記複数の積層体の上流側に配置され、

前記第2のプラズマ誘起流に対応する前記第1、第2の電極が、前記複数の積層体の下流側に配置される、

請求項7または8に記載のガス処理装置。

40

【請求項 10】

前記複数の積層体から出射した前記第1のプラズマ誘起流を前記第2のプラズマ誘起流へと誘導するガイド

をさらに具備する請求項9記載のガス処理装置。

【請求項 11】

前記複数の積層体がそれぞれ、前記第1、第2の主面上に、前記第1、第2の電極と対

50

応して配置される第 5、第 6 の電極を有する
請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のガス処理装置。

【請求項 1 2】

前記第 1、第 2 の電極と前記第 4、第 5 の電極を切り替えて、交流電圧を印加する切り替え機構、

をさらに具備する請求項 1 1 記載のガス処理装置。

【請求項 1 3】

前記流量制限機構を制御して、前記対象ガスの流量を周期的に制限する制御部
をさらに具備する請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のガス処理装置。

【請求項 1 4】

前記第 1、第 2 の電極の汚れを検出する汚れ検出部と、
前記汚れ検出器での検出結果に応じて、前記流量制限機構を制御して、前記対象ガスの流量を制限する制御部と、
をさらに具備する請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のガス処理装置。

【請求項 1 5】

ガスの種別を検知するガス検知器と、
前記ガス検知器での検知結果に応じて、前記流量制限機構を制御して、前記対象ガスの流量を制限する制御部と、
をさらに具備する請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のガス処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、電極間に印加された交流高電圧で発生する放電により、大気やプロセス排気ガスに含まれる有害ガスを分解する、ガス処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

生活空間内、冷蔵庫内、倉庫内等の大気ガスやプロセス装置からの排ガスに、有害物質、悪臭物質等が含まれることがある。このような有害物質、悪臭物質等を分解、殺菌等（以下、ガス分解とする）する、高効率で小型のガス分解装置（空気清浄装置、空気清浄エアコン、およびガス浄化装置を含む）が求められている。

【0003】

一般に、ガス分解装置では、送風機によって分解対象ガス（分解対象となるガスを含む大気やプロセス排気ガス）をガス分解室に導入する。ガス分解室に導入された分解ガスは、放電、分解触媒、光触媒、放電で生成されるオゾン等のラジカルによって、分解、浄化される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2010 - 532253 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 289801 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ガス分解装置において、効率的にガスを処理するのは、必ずしも容易ではない。

【0006】

本発明は、効率的なガスの処理を可能とするガス処理装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

実施形態のガス処理装置は、離間して並列に配置され、第 1、第 2 の主面を有する、複

10

20

30

40

50

数の誘電体基板と、前記複数の誘電体基板の第 1、第 2 の主面上に配置される、複数の第 1、第 2 の電極と、前記複数の誘電体基板の内部に配置される、複数の第 3 の電極と、を有し、間隔を有して配置される、複数の積層体と、前記複数の積層体間に対象ガスを供給するガス流路と、前記複数の第 1、第 2 の電極と前記第 3 の電極間に交流電圧を印加して、前記複数の誘電体基板の間に前記対象ガスの複数のプラズマ誘起流を生成する交流電源と、前記複数の積層体の下流側に配置され、前記対象ガスの流量を制限する流量制限機構と、を具備する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】第 1 の実施形態に係るガス分解装置 10 の全体構成を示す側面図である。

10

【図 2】処理ユニット U を構成するガス分解素子 20 の詳細を表す拡大模式図である。

【図 3】ガス分解素子 20 の動作状態を概念的に表す拡大側面図である。

【図 4】プラズマ誘起流 F_p の流速 V の分布を表すグラフである。

【図 5】プラズマ誘起流 F_p の最大流速 V_{max} の印加電圧 V_{rf} 依存性を表すグラフである。

【図 6】比較例に係るガス分解装置 10x の全体構成を示す側面図である。

【図 7】処理ユニット U を用いたトルエンガス分解実験の試験結果を表すグラフである。

【図 8】第 2 の実施形態に係るガス分解装置 10a の全体構成を示す側面図である。

【図 9】第 3 の実施形態に係るガス分解装置 10b の全体構成を示す側面図である。

20

【図 10】ガス分解装置 10b の処理ユニット U b の構成を示す側面図である。

【図 11】第 4 の実施形態に係るガス分解装置 10c の全体構成を示す側面図である。

【図 12】第 5 の実施形態に係るガス分解装置 10d の処理ユニット U d の構成を示す側面図である。

【図 13】比較例 2 に係るガス分解装置 10y の処理ユニット U y の構成を示す側面図である。

【図 14】第 6 の実施形態に係るガス分解装置 10e の処理ユニット U e の構成を示す側面図である。

【図 15】第 6 の実施形態の変形例に係るガス分解装置 10e の構成を示す側面図である。

。

【発明を実施するための形態】

30

【0009】

以下、図面を参照して、実施形態を詳細に説明する。

(第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態に係るガス分解装置 10 の全体構成を示す。

ガス分解装置 10 では、放電電極と接地電極間に印加された交流高電圧で発生する放電により、大気やプロセス排気ガスに含まれる分解対象ガス（炭素または窒素の少なくともいずれかを含むガス、例えば、ホルムアルデヒド、トルエン、アセトアルデヒド、アンモニアガス）を分解する。ガス分解装置 10 は、被処理ガスを処理するガス処理装置として機能する。

【0010】

40

ガス分解装置 10 は、ガス導入口 11，流路拡大部 12，プレフィルタ 13，ガス分解室 14，オゾン処理室 15，流量調節部 16 を有し、これらの内部はガス流通空間となっている。

【0011】

ガス導入口 11 に、分解対象ガスを含む被処理ガスが導入される。

流路拡大部 12 は、ガス導入口 11 からプレフィルタ 13，ガス分解室 14 へと流路を拡大する。流路拡大部 12 は、後の図 2 で示される放電電極 22 間（または放電電極 22 とガス流隔壁 26 の間）に被処理ガスを供給するガス流路である。

【0012】

プレフィルタ 13 は、ガス分解室 14 に流入するガス中のダスト、チリ等を除去する。

50

【 0 0 1 3 】

ガス分解室 1 4 は、複数のガス分解素子 2 0 (1) ~ 2 0 (5) を含む処理ユニット U が配置され、被処理ガスを処理する。なお、処理ユニット U の詳細は後述する。

オゾン処理室 1 5 は、オゾン処理器 (図示せず。例えば、オゾン触媒) を有し、ガス分解室 1 4 で生成した高濃度のオゾンガス、NO_x、またはSO_xを処理、分解する。

【 0 0 1 4 】

流量調節部 1 6 は、オゾン処理室 1 5 の下流側に配置され、被処理ガスの流量を制限する。被処理ガスの流量を制限することで、処理ユニット U に適切な流量の被処理ガスが供給されるようにして、処理ユニット U でのガス分解効率の向上を図っている。

流量調節部 1 6 は、複数の積層体の下流側に配置され、前記対象ガスの流量を制限する流量制限機構として機能する。

10

【 0 0 1 5 】

ここでは、流量調節部 1 6 は、複数の流量制限板 (板状体) 1 6 1 からなるルーバを用いている。流量制限板 1 6 1 を上下に配置し、回転軸 1 6 2 を中心として傾けることで、被処理ガスの流量を制限できる。

【 0 0 1 6 】

ここでは、流量制限板 1 6 1 の上端に回転軸 1 6 2 を設置しているが、流量制限板 1 6 1 の下端、中間 (中央) に回転軸 1 6 2 を設置しても良い。

【 0 0 1 7 】

流量制限板 1 6 1 が鉛直方向になす角度 θ を変化することで、被処理ガスの流量を調節できる。角度 θ をゼロとすると、複数の流量制限板 1 6 1 の上下端がほぼ接触し、流量調節部 1 6 は閉じられる (被処理ガスの流量がほぼゼロになる)。角度 θ を 90° とすると、流量制限板 1 6 1 の向きは被処理ガスの流れに沿った状態となり、流量調節部 1 6 は開放される (流量調節部 1 6 は、被処理ガスの流量を殆ど制限しない)。

20

【 0 0 1 8 】

複数の流量制限板 1 6 1 を同時に動作させるために、複数の流量制限板 1 6 1 を接続することができる。例えば、流量制限板 1 6 1 の下端を棒状体で接続すると、その棒状体を上下に押し引きすることで、複数の流量制限板 1 6 1 の角度 θ を一度に変化させることができる。

【 0 0 1 9 】

また、流量制限板 1 6 1 の傾きを変化させるために、駆動装置 (例えば、モータ) を用いることができる。駆動装置は、複数の板状体の角度を調節する調節機構として機能する。

30

この駆動装置は、複数の流量制限板 1 6 1 それぞれに設けても良いし、流量制限板 1 6 1 を棒状体で接続している場合には、その棒状体を動かしても良い。

【 0 0 2 0 】

ここでは、流量調節部 1 6 の機構にルーバを用いたが、他の機構、例えば、バルブ (弁機構)、送風機を採用することもできる。

バルブを開閉することで、被処理ガスの流量を調節できる。

送風機での送風の方向および送風量を変化させることによって、被処理ガスの流量を調節できる。例えば、送風機での送風方向を被処理ガスの流れ方向と逆にし、送風量をガス導入口 1 1 からの被処理ガスの導入力と対応させることで、これらを拮抗させ、ガス導入口 1 1 からの被処理ガスの導入を停止、制限することができる。また、送風機での送風方向を被処理ガスの流れ方向と同一とし、送風量を小さく、あるいは事実上ゼロとすることで、被処理ガスの流量を制限できる。

40

【 0 0 2 1 】

ガス流出口 1 7 から、分解された分解対象ガスを含む被処理ガスが流出する。

【 0 0 2 2 】

被処理ガスは、ガス導入口 1 1 から導入され、プレフィルタ 1 3、ガス分解室 1 4 (処理ユニット U)、オゾン処理室 1 5 を通過し、ガス流出口 1 7 から排気される。

50

【0023】

検出器Sは、被処理ガスの流量を検出する。

制御装置41は、検出器Sの検出結果等に応じて、流量調節部16を制御して、被処理ガスの流量を制限する。

【0024】

図2は、処理ユニットUを構成するガス分解素子（DBD方式プラズマアクチュエータ）20の詳細を拡大して表す。

処理ユニットUは、ガス分解素子20（20（1）～20（5））、ガス流隔壁26を有する。ここでは、処理ユニットUに含まれるガス分解素子20の個数を5としているが、これは適宜に変更できる。

【0025】

ガス分解素子20は、誘電体基板21（21a, 21b）、放電電極22（22a, 22b）、接地電極23、絶縁封止層24、光触媒層25（25a, 25b）、ガス流隔壁26を有する。

【0026】

1つのガス分解素子20の誘電体基板21a, 21b、放電電極22a, 22b（第1、第2の電極）、接地電極23（第3の電極）、絶縁封止層24、光触媒層25a, 25bは、積層体として機能する。

【0027】

誘電体基板21は、誘電体材料（例えば、石英、シリコンゴム、カプトン（一種のポリイミド））の基板である。誘電体基板21として、例えば、厚さ1mmの石英板を用いることができる。

放電電極22、接地電極23は、金属等の導電体から構成される。例えば、スパッタリングまたはメッキを用いて、誘電体基板21上に金（Au）の薄膜を形成し、放電電極22、接地電極23とすることができる。

【0028】

隣接するガス分解素子20の誘電体基板21は、間隔G1を有して配置される。

最上部（および最下部）のガス分解素子20の誘電体基板21は、ガス流隔壁26と、間隔G2を有して配置される。なお、ここでは、間隔G1、G2に対して、放電電極22の厚さや光触媒層25の厚さは無視できるとしている。

【0029】

放電電極22（22a, 22b）、接地電極23、誘電体基板21（21a, 21b）は、例えば、長さ方向（X方向）、奥行き（Z方向）でそれぞれ2mm×30mm、10mm×30mm、20mm×50mmである。また、間隔G（G1, G2）は、例えば、2mmである。その結果、ガス分解室14（処理ユニットU）は、例えば、20mm×30mm×50mmと、小型化できる。

【0030】

絶縁封止層24は、接地電極23での逆放電を抑制するための誘電体膜である。絶縁封止層24として、例えば、シリコン酸化膜、誘起絶縁膜、絶縁シリコン充填剤、あるいはカプトンテープ被覆を利用することができる。

接地電極23に気体が接触すると、逆放電による逆流により、後述のプラズマ誘起流Fpの流れが抑制されたり、微小空間で異常放電（過熱）が起きたりする。それらを防止するために、絶縁封止層24の周辺は、絶縁封止層24で密着密閉することが望ましい。

【0031】

光触媒層25a, 25bは、光触媒材料（例えば、TiO₂）の層であり、誘電体基板21上の、プラズマP付近、あるいはプラズマP内に配置される。光触媒層25a, 25bは、例えば、光触媒材料の塗布によって形成できる。

【0032】

光触媒層25a, 25bは、プラズマPからの発光によって活性化され、プラズマP中に含まれるNO_x等を除去する。即ち、プラズマP自体、および光触媒によるガスの分解

10

20

30

40

50

が相俟って、ガス分解率を向上できる。

【0033】

なお、ガス分解素子20は、光触媒層25を有しなくても良い。但し、ガス分解素子20が光触媒層25を有すると、ガスの分解をより促進できる。

【0034】

高電圧交流電源30は、放電電極22a, 22bと、接地電極23との間に交流高電圧(例えば、10kHz、6kVの正弦波電圧)を印加する。

【0035】

ここで、隣接する誘電体基板21は、間隔G1で対向するように配置されている。

【0036】

また、最上層、最下層の誘電体基板21と間隔G2で対向するようにガス流隔壁26が配置されている。

ガス流隔壁26は、被処理ガスの流路を制限する隔壁である。ガス流隔壁26は、処理ユニットUの最上部、最下部を通過する被処理ガスが、プラズマP内を通過し、プラズマPの外部を素通しないように制限する。

【0037】

間隔G1は、後述するように、対向する一对の誘電体基板21上のプラズマ誘起流 F_p の厚さ h の合計の1.3倍以下である($G1 = 1.3 * 2h = 2.6h$)。具体的には、間隔G1は、2mm以上、8mm以下とすることが好ましい。難分解性ガスの分解効率を上げるため、間隔G1を2mm以上、6mm以下として、「 $G1 = 1.0 * 2h$ 」を満たすことがより好ましい。

【0038】

間隔G2は、誘電体基板21上のプラズマ誘起流 F_p の厚さ h の1.3倍以下である($G2 = 1.3 * h$)。具体的には、間隔G2は、1mm以上、4mm以下とすることが好ましい。難分解性ガスの分解効率を上げるため、間隔G2を1mm以上、3mm以下として、「 $G2 = 1.0 * h$ 」を満たすことがより好ましい。

【0039】

間隔G1、G2をこのように設定することで、プラズマP中の活性酸素(OHラジカル、Oラジカル)を有効に活用し、分解対象ガスを効率的に分解できる。

【0040】

このように、間隔G1, G2を狭くすることで、全ての分解ガスがプラズマPの内部、または近傍を通過するようにして(素通り防止)、ガス分解効率を向上できる。

【0041】

図3は、ガス分解素子20の動作状態を概念的に表す。

高電圧交流電源30からの交流高電圧によって、誘電体基板21の表面上、放電電極22側の接地電極23方向にプラズマPが生成される。プラズマPは、正イオンと電子を含む。この正イオンは放電電極22から接地電極23上の誘電体基板21の表面方向に流れる。この流れは、大気と衝突し、その周囲にガス気流を伴い、プラズマ誘起流 F_p が発生する。

【0042】

プラズマPに接する誘電体基板21の表面に電子が蓄積して負にチャージアップする。このため、放電電極22から接地電極23に対応する、誘電体基板21の表面方向に、正イオンが平均的に流れる。生成するプラズマPが薄い表面プラズマであるため、プラズマ誘起流 F_p も誘電体基板21の近傍を流れる表面流となる。即ち、放電電極22に対して接地電極23をX方向にずらして配置することで、X方向に流れるプラズマ誘起流 F_p が生成される。

【0043】

図4は、プラズマ誘起流 F_p の流速 V の分布を表すグラフである。

横軸は誘電体基板21の上下方向での位置 Y であり、 $Y = 6\text{mm}$ の位置が誘電体基板21の表面に対応する。熱線流速計を上下に動かして、プラズマ誘起流 F_p の流速 V の分布

10

20

30

40

50

を測定した。ここでは、周波数 f が 10 kHz 、印加電圧 V_{rf} が 6 kV の正弦波電圧を印加している。

【0044】

図4に示す通り、誘電体基板21の表面近傍（半値幅（厚み） $h = 2.4 \text{ mm}$ 程度）のみにプラズマ誘起流 F_p が流れる。即ち、厚さ h が 2.4 mm のプラズマ誘起流 F_p が発生している。

【0045】

図5は、プラズマ誘起流 F_p の最大流速 V_{max} の印加電圧 V_{rf} 依存性を表すグラフである。

図5に示す通り、プラズマ誘起流 F_p は約 3 kV の印加電圧 V_{rf} から生成される。印加電圧 V_{rf} の増加とともにプラズマの密度（イオン密度）が高くなり、引き込み電界も大きくなる。このため、印加電圧 V_{rf} の増加とともに、プラズマ誘起流 F_p の流速 V は大きくなる。

10

【0046】

ファン等の送風装置を用いて外部からの流れ（圧力）を発生すること無しに、放電電極22上にプラズマ誘起流 F_p が生成される。既述のように、間隙 G_1, G_2 は小さい。このため、上流から吸い込んだ被処理ガスは、プラズマ P 内を通過する。

【0047】

周波数 f 、印加電圧 V_{rf} は、 $2 \text{ kHz} \sim 200 \text{ kHz}$ 、 $3 \text{ kV} \sim 15 \text{ kV}$ の範囲で適宜に変更できる。特に好ましい範囲として、周波数 f 、印加電圧 V_{rf} を $5 \text{ kHz} \sim 20 \text{ kHz}$ 、 $5 \text{ kV} \sim 10 \text{ kV}$ とすることができる。このように周波数 f 、印加電圧 V_{rf} を変更すると、プラズマ誘起流 F_p の厚み h は、 $1.5 \sim 3 \text{ mm}$ の範囲で変動する。この結果、間隙 G_1, G_2 はそれぞれ、例えば、 $2 \sim 8 \text{ mm}$ 、 $1 \sim 4 \text{ mm}$ の範囲で適宜に設定できる。

20

【0048】

次に、ガス分解機構について述べる。大気や分解対象ガスは、放電によって、一部分解される。

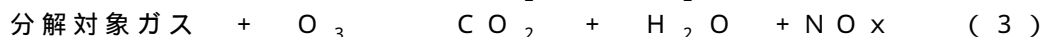
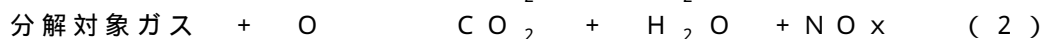
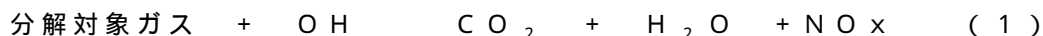
大気中の酸素ガス (O_2)、水分 (H_2O)、分解対象ガス中の水素、窒素、酸素成分から、活性酸素（ヒドロキシラジカル： OH 、酸素原子ラジカル： O 、オゾン： O_3 等）が生成する。

30

そして、分解対象ガス（例えば、ホルムアルデヒド、トルエン、アセトアルデヒド、アンモニアガス）は、酸化剤と混合されると、(1)、(2)、(3)に示される反応によって、 CO_2 、 H_2O 、 NO_x (NO_2 、 NO)等に分解される。

なお、 NO_x は後段に設置した光触媒層25a、25bやオゾン処理層15で除去できる。

【0049】



【0050】

以上のように、本実施形態では、流量調節部16によって、被処理ガスの流量を制限することで、処理ユニットUによるガス分解の効率向上を図っている。

40

【0051】

（比較例）

図6は、比較例に係るガス分解装置10xの全体構成を示す。

ガス分解装置10xは、流量調節部16を有しない。このため、処理ユニットUに流入する被処理ガスの流量が大きくなりすぎて、ガス分解の効率が低下し易くなる。

【0052】

詳しくは、処理ユニットUに流入する被処理ガスの流量または濃度の増大により、次のような問題(1)～(3)が生じる。

50

- (1) 分解効率の低下
- (2) 完全酸化率の低下
- (3) 放電電極 2 2 の汚れの発生

放電電極 2 2 の汚れは、分解効率のさらなる低下、放電の不安定の原因ともなる。

【 0 0 5 3 】

ガス分解効率の印加電圧、流量依存性を説明する。図 7 は、処理ユニット U を用いたトルエンガス分解実験の試験結果である。処理ユニット U にトルエンガスを含む試験ガスを通過させ、通過後のガスのトルエンガス濃度、ガス分解率 (%) を計測した。

ここで、処理ユニット U に印加する電圧を 9 5 0 0 V とした。試験ガス中のトルエンガスの濃度は、約 5 0 p p m とした。トルエンガス濃度、ガス分解率 (%) の計測には、F T - I R 装置を用いた。

10

【 0 0 5 4 】

図 7 の横軸は印加電圧、縦軸はトルエンガス分解率である。印加電圧の増加とともにプラズマが強くなり、分解効率が增大していることが判る。

ここで、試験ガスの流量を 6、1 2、2 5 L M (L / m i n) と増加させるに従い、分解効率は約 5 0 %、3 0 %、5 % と著しく減少する。これは、プラズマ P 中で発生する高活性な O H ラジカルの生成量が有限であり、供給されるトルエン量に追いつかないためである。

【 0 0 5 5 】

トルエンの O H の完全酸化分解反応 (トルエン脱臭反応) を式 (4) に示す。

20



なお、式 (4) の右辺の生成物 (C O ₂ 等) 以外に、副生成物として、C O、C H ₃ C H O、C H ₃ C O O H が発生する可能性がある。

【 0 0 5 6 】

トルエンを完全に酸化するためには、トルエン 5 0 p p m に対して、1 8 倍の O H 分子数、すなわち、9 0 0 p p m の O H 分子が必要となる。O H ラジカルは大きな反応速度を持つが、O H 量が足りない場合には、不完全燃焼反応が生じたり、未分解のトルエンが残ったりする。

なお、トルエンガスの濃度が増大した場合にも、同様に、不完全燃焼反応や未分解のトルエンが発生する。

30

【 0 0 5 7 】

大気は、約 2 0 % の O ₂、通常 1 % ~ 数 % の H ₂ O が含まれ、O H 生成の原料物質として十分に使用可能である。

ここで、大気のプラズマ P 中で O ₂ と H ₂ O から O H ラジカルを生成する速度と O H とトルエンが反応する速度の大小関係が、トルエンの分解反応の進行上重要である。

一方、O H ラジカルの寿命は 7 0 0 μ 秒程度である。処理ユニット U 内の気流流速は 1 ~ 3 m / s である。このため、プラズマ P で発生した O H ラジカルは、プラズマ P から 1、2 m m までしか出ることができない (生き残れない)。すなわち、トルエンの分解反応を進めるためには、(プラズマを一定条件では、) 反応ガスがプラズマ P に滞留する時間を長くすることが必要となる。

40

【 0 0 5 8 】

前述の問題 ((1) 分解効率の低下、(2) 完全酸化率の低下、(3) 放電電極 2 2 の汚れの発生) は、処理対象ガスの流量または濃度の増大により、プラズマ P 中での分解対象ガスの滞留時間が短くなることが原因である。

【 0 0 5 9 】

本実施形態では、流量調節部 1 6 によって、被処理ガスの流量を制限することで、問題 (1) ~ (3) を解消できる。この結果、小型のガス分解装置 1 0 を用いて、高効率のガス分解が可能となる。

【 0 0 6 0 】

(第 2 の実施形態)

50

図 8 は、第 2 の実施形態に係るガス分解装置 10 a の全体構成を示す。

ガス分解装置 10 a は、ガス導入口 11，流路拡大部 12，プレフィルタ 13，ガス分解室 14，オゾン処理室 15 a，15 b，流量調節部 16 a，16 b，ガス流出口 17 を有する。

オゾン処理室 15 a，15 b がガス分解室 14 の上下流双方に配置される。オゾン処理室 15 a の上流、オゾン処理室 15 b の下流それぞれに、流量調節部 16 a，16 b が配置される。

【0061】

(実施形態 1、2 の変形例)

流量調節部 16 を用いて、被処理ガスの流量を調節して、滞留時間を変更することができる。

10

【0062】

(1) ガス種に応じた調節

処理するガス種に応じて、流量調節部 16 の開閉度を調節してもよい。

例えば、難分解性ガス(例えば、トルエン)の場合には、開閉度を小さくして流速少(滞留時間大)として分解率を上げる。易分解ガス(例えば、ホルムアルデヒド)の場合には、開閉度を大きくして流速大(滞留時間小)とする。

この場合、検出器 5 として、ガス分析装置を備え、ガス種、あるいは濃度を検出する。そして、制御部 41 は、この検出結果に応じて流量調節部 16 の開閉度を調整する。

【0063】

20

(2) ガス濃度に応じた調節

制御部 41 は、ガス濃度が高いときは、開閉度を小さくして流速少(滞留時間大)として分解率を上げる。それにより、放電電極 22 の汚れを防止する。

制御部 41 は、ガス濃度が低いときは、開閉度を大きくして流速大(滞留時間小)として分解率を下げる。

ここで、ガス種およびガス濃度の双方を考慮して、流量調節部 16 の開閉度を調節してもよい。

【0064】

(3) 定期的調節

・制御部 41 は、流量調節部 16 を定期的に閉塞して、クリーニングしても良い。

30

被処理ガスを流さない場合は、OHラジカルにより、放電電極 22 をクリーニングできる。

・定期的に、開閉度を小さくして流速少(滞留時間大)としてOHラジカル濃度を上げて、放電電極 22 をクリーニングする。そのことにより、分解効率は復活する。

また、その際には被処理ガスの導入を停止して、クリーニングすることがさらに有効である。

【0065】

(4) 汚れ検出

放電電極 22 の汚れを検出し、この検出結果に応じて、制御部 41 は、流量調節部 16 の開閉度を調節しても良い。次のように、センサーを用いて、放電電極 22 の汚れを検出できる。

40

例えば、放電電極 22 の上方あるいは下流側に光センサーを設置して、放電電極 22 の放電部でのプラズマの発光強度を測定する。発光強度の減少により、放電電極 22 が汚れ、放電が弱くなったことを検知できる。

また、高電圧交流電源 30 に電流計または電力計を設置し、放電電流あるいは放電電力を測定しても良い。放電電流、放電電力の減少により、放電電極 22 が汚れ、放電が弱くなったことを検知できる。

さらに、放電電極 22 の下流側にガスセンサーを設置し、分解対象ガスの濃度を測定しても良い。分解対象ガスの濃度の増加(放電によるガス分解能力の低下)により、放電電極 22 が汚れ、放電が弱くなったことを検知できる。

50

【 0 0 6 6 】

(実施形態 3)

図 9 は、第 3 の実施形態に係るガス分解装置 1 0 b の全体構成を示す側面図である。図 1 0 は、ガス分解装置 1 0 b の処理ユニット U b の構成を示す側面図である。

【 0 0 6 7 】

処理ユニット U b は、ガス分解素子 2 0 b (1) ~ 2 0 b (5) を有し、プラズマ誘起流 F p が交互に逆方向へ流れる。すなわち、ガス流隔壁 2 6 とガス分解素子 2 0 b (5) の間、ガス分解素子 2 0 b (4)、2 0 b (3) 間、ガス分解素子 2 0 b (2)、2 0 b (1) 間は、図面右方向 (順方向) にプラズマ誘起流 F p (第 1 のプラズマ誘起流) が流れる。また、ガス分解素子 2 0 b (5)、2 0 b (4) 間、ガス分解素子 2 0 b (3)、2 0 b (2) 間、ガス分解素子 2 0 b (1) とガス流隔壁 2 6 の間 (以下、ガス分解素子 2 0 b (5)、2 0 b (4) 間等という) は、図面左方向 (逆方向) にプラズマ誘起流 F p (第 2 のプラズマ誘起流) が流れる。

10

【 0 0 6 8 】

このために、処理ユニット U b のガス分解素子 2 0 b は、処理ユニット U のガス分解素子 2 0 と、次のように異なる。すなわち、ガス分解素子 2 0 b の誘電体基板 2 1 b 側の放電電極 2 2 b および光触媒層 2 5 b を誘電体基板 2 1 a 側の放電電極 2 2 a および光触媒層 2 5 a とは、紙面の左右逆向きとしている。

【 0 0 6 9 】

プラズマ誘起流 F p が順方向に出にくいように、圧力障壁 (じゃま板) 2 7 が設置されている。このため、ガス分解装置 1 0 b では、図 9 に示すように、流量調節部 1 6 を省略することができる。圧力障壁 (じゃま板) 2 7 は、複数の積層体の下流側に配置され、前記対象ガスの流量を制限する流量制限機構として機能する。また、図面左方向 (逆方向) にプラズマ誘起流 F p を流れるガス分解素子 2 0 b (5)、2 0 b (4) 間等の電極 2 2 b も、ガス分解素子 2 0 b (積層体) の下流側に配置され、対象ガスの流量を制限する流量制限機構として機能する。

20

【 0 0 7 0 】

処理ユニット U b は、共用の接地電極 2 3 を用いるため、コンパクトとすることができる。

【 0 0 7 1 】

(実施形態 4)

図 1 1 は、第 4 の実施形態に係るガス分解装置 1 0 c の処理ユニット U c の構成を示す側面図である。

30

【 0 0 7 2 】

処理ユニット U c の上下流双方にオゾン処理室 1 5 a , 1 5 b (オゾン触媒) が配置されている。

【 0 0 7 3 】

処理ユニット U c は、圧力障壁 (じゃま板) 2 7 を有しない点を除き、処理ユニット U b と同様の構成を有する。被処理ガスは、処理ユニット U c の紙面左右双方から処理ユニット U c に流入、流出する。

40

既述のように、図面左方向 (逆方向) にプラズマ誘起流 F p が流れるガス分解素子 2 0 b (5)、2 0 b (4) 間等の電極 2 2 b は、ガス分解素子 2 0 b (積層体) の下流側に配置され、対象ガスの流量を制限する流量制限機構として機能する。

【 0 0 7 4 】

この結果、処理ユニット U c 内での被処理ガスの滞留時間が長くなる。この結果、被処理ガスの効率的な分解が可能となる。

【 0 0 7 5 】

(実施形態 5)

図 1 2 は、第 5 の実施形態に係るガス分解装置 1 0 d の処理ユニット U d の構成を示す側面図である。

50

処理ユニットU dはガス分解素子20 d (1) ~ 20 d (6)を有し、プラズマ誘起流F pが交互に逆方向へ流れる。すなわち、ガス分解素子20 c (6)、20 c (5)間、ガス分解素子20 d (4)、20 d (3)間、ガス分解素子20 d (2)、20 d (1)間は、図面右方向(順方向)にプラズマ誘起流F pが流れる。また、ガス分解素子20 d (5)、20 d (4)間、ガス分解素子20 d (3)、20 d (2)間(以下、ガス分解素子20 d (5)、20 d (4)間等という)は、図面左方向(逆方向)にプラズマ誘起流F pが流れる。

【0076】

ここで、ガス分解素子20 d (6)、20 d (5)間のプラズマ誘起流F pが、ガス分解素子20 d (5)、20 d (4)間に入るように、これらの間がガス分解素子20 c (6)、20 c (4)、およびガス流隔壁28 bで形成される空間により接続されている。また、ガス分解素子20 d (5)、20 d (4)間のプラズマ誘起流F pが、ガス分解素子20 d (4)、20 d (3)間に入るように、これらの間がガス分解素子20 d (5)、20 d (3)、およびガス流隔壁28 aで形成される空間により接続されている。

10

【0077】

すなわち、上下一対のガス分解素子20 dとガス流隔壁28 (28 a , 28 b)は、処理ユニットU d (複数の積層体) から出射した順方向の第1のプラズマ誘起流を逆方向の第2のプラズマ誘起流へと誘導するガイドとして機能する。

【0078】

以下、同様に、ガス分解素子20 d (4)、20 d (3)間のプラズマ誘起流F pが、ガス分解素子20 d (3)、20 d (2)間に入り、ガス分解素子20 d (3)、20 d (2)間のプラズマ誘起流F pが、ガス分解素子20 d (2)、20 d (1)間に入る。

20

【0079】

このように、処理ユニットU dの上流からガス分解素子20 d (6)、20 d (5)間に流入した被処理ガスは、ガス分解素子20 d (5)、20 d (4)間、ガス分解素子20 d (4)、20 d (3)間、ガス分解素子20 d (3)、20 d (2)間、ガス分解素子20 d (2)、20 d (1)間を経由して、処理ユニットU dの下流へと流出する。

【0080】

図面左方向(逆方向)にプラズマ誘起流F pが流れるガス分解素子20 d (5)、20 d (4)間等の電極22 b、およびガス流隔壁28 bは、ガス分解素子20 d (積層体) の下流側に配置され、対象ガスの流量を制限する流量制限機構として機能する。

30

【0081】

なお、処理ユニットU dの最上、最下端のガス分解素子20 d (1)、20 d (6)は、片側のみに放電電極22 a、光触媒層25 aが配置されている。その逆側の誘電体基板21 cには放電電極22、光触媒層25は配置されていない。この結果、ガス流隔壁26が省略可能となる。

【0082】

このように、被処理ガスは、処理ユニットU d内をジグザグに移動することから、処理ユニットU d内での被処理ガスの滞留時間が長くなる。すなわち、流路を長くすることで、滞留時間が長くなる。

40

この結果、被処理ガスの効率的な分解が可能となる。

【0083】

(比較例 2)

図13は、比較例2に係るガス分解装置10 yの処理ユニットU yの構成を示す側面図である。

処理ユニットU yは、2つの処理ユニットUを流れ方向に沿って接続した構造を有する。すなわち、ガス分解素子20 yの誘電体基板21 aには、2組の放電電極22 a、光触媒層25 aが間隔L隔てて配置されている。同様に、誘電体基板21 bには、2組の放電電極22 b、光触媒層25 bが間隔L隔てて配置されている。

【0084】

50

このように、2組の放電電極22，光触媒層25を配置することで、ガスの分解効率の向上を図ることができる。

【0085】

しかし、この一方、逆放電を避けるために、間隔Lをある程度長くすることが必要となり、処理ユニットUyの小型化が困難となる。

これに対して、第5の実施形態に係るガス分解装置10dの処理ユニットUdは、間隔Lを必要とせず、接地電極23を放電電極22a、22bで共有するため、処理ユニットUdの小型化を図れる。

【0086】

(実施形態6)

10

図14は、第6の実施形態に係るガス分解装置10eの処理ユニットUeの構成を示す側面図である。

処理ユニットUeのガス分解素子20e(1)~20e(5)は、上下それぞれに2組の放電電極22a(22a1、22a2(第1,第4の電極))、放電電極22b(22b1、22b2(第2,第5の電極))を有する。

【0087】

このため、放電電極22a1、22a2、放電電極22b1、22b2への高電圧印加、アースの変更により、流路を変更できる。例えば、放電電極22a1、22b1に電圧を印加し、放電電極22a2、22b2に電圧を印加しないと、図14に示すように、紙面左から右方向にプラズマ誘起流Fpが流れる。一方、放電電極22a2、22b2に電圧を印加し、放電電極22a1、22b1に電圧を印加しないと、紙面右から左方向にプラズマ誘起流Fpが流れる(図示せず)。

20

【0088】

すなわち、切り替え機構を用い、放電電極22a1、22a2(第1,第2の電極)と放電電極22b1、22b2(第4,第5の電極)を切り替えて、高電圧交流電源30からの交流電圧を印加することで、プラズマ誘起流Fpが流れる方向を切り替えることができる。

【0089】

このとき、電圧を印加したときに図面左方向(逆方向)にプラズマ誘起流Fpが流れる放電電極22a2、22b2は、ガス分解素子20e(積層体)の下流側に配置され、対象ガスの流量を制限する流量制限機構として機能する。

30

【0090】

このようにして、ガス分解室14内での被処理ガスの流路、滞留時間を変更できる。

【0091】

ここで、ガス種、分解量に応じて流路、滞留時間を変更しても良い。

例えば、容易分解性ガス(例えば、ホルムアルデヒド)の場合、ガス分解素子20e(1)~20e(5)の放電電極22a1、22b1に電圧を印加し、放電電極22a2、22b2に電圧を印加しないことが考えられる。この場合、紙面左から右方向にのみプラズマ誘起流Fpが流れ、流量が増大し、分解処理量が大きくなる。

【0092】

40

一方、難分解性ガス(例えば、トルエン)の場合、ガス分解素子20e(2)、20e(4)の放電電極22a2、22b2に電圧を印加し、放電電極22a1、22b1に電圧を印加しないことが考えられる。この場合、紙面右から左方向にプラズマ誘起流Fpが流れ、処理ユニットUcと同様、全体として滞留時間が長くなり、分解効率上がる。

【0093】

このように、ガス種、ガス濃度に応じて、プラズマ誘起流Fpの方向を選ぶ(例えば、1段ごと交互に左右の流方向を切り替える)ことにより、流路、滞留時間を変えることが可能となり、分解効率を向上できる。

【0094】

さらに、放電電極22a1、22b1、22a2、22b2に電圧を印加して、紙面左

50

右からプラズマ誘起流 F_p が流すことにより、OHラジカル生成量を増大させ、放電電極 22 の汚れを効率よくクリーニングできる。

【0095】

また、図15に示すように、2つの処理ユニット U_e を対向して配置し、上下に交互かつ、左右に逆となるように被処理ガスが流れるようにすると、被処理ガスの流量が減少し、放電電極 22 a、22 b の隅々まで、クリーニングがなされる。

【0096】

このとき、電圧を印加したときに図面左方向（逆方向）にプラズマ誘起流 F_p が流れる放電電極 22 a 2、22 b 2 は、ガス分解素子 20 e（積層体）の下流側に配置され、対象ガスの流量を制限する流量制限機構として機能する。

10

【0097】

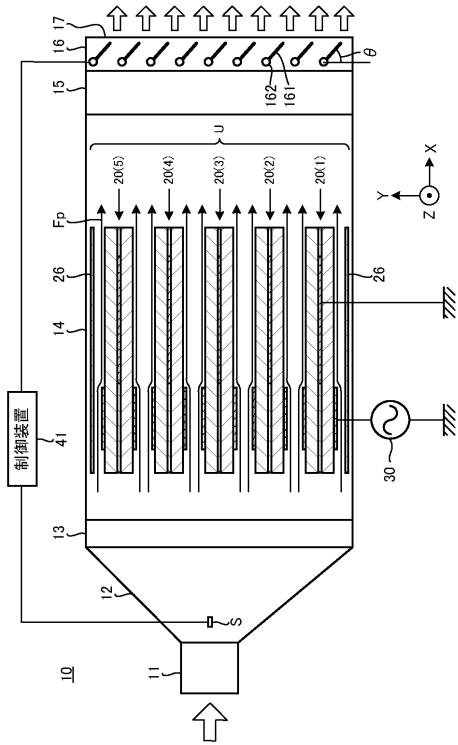
本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

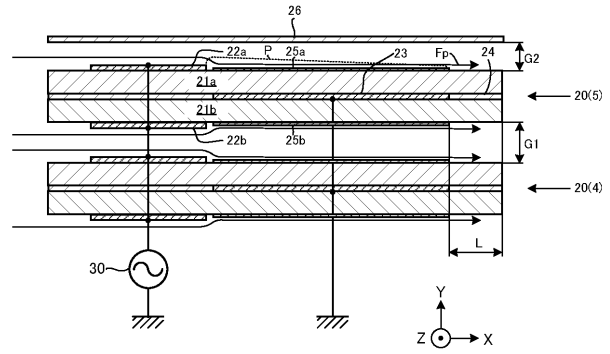
【0098】

10	ガス分解装置	20
11	ガス導入口	
12	流路拡大部	
13	プレフィルタ	
14	ガス分解室	
15	オゾン処理室	
16	流量調節部	
161	流量制限板	
162	回転軸	
17	ガス流出口	
20	ガス分解素子	30
21	誘電体基板	
22	放電電極	
23	接地電極	
24	絶縁封止層	
25	光触媒層	
26	ガス流隔壁	
28	ガス流隔壁	
30	高電圧交流電源	
41	制御装置	
S	検出器	40
U	処理ユニット	

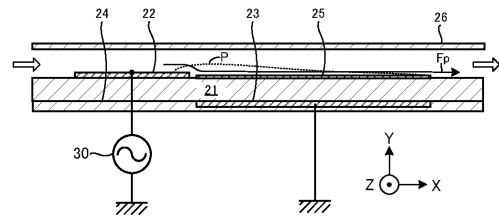
【図1】



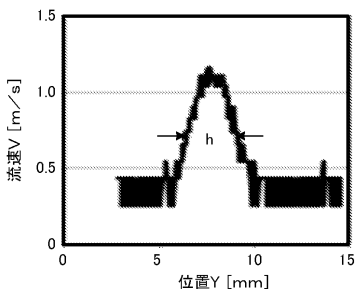
【図2】



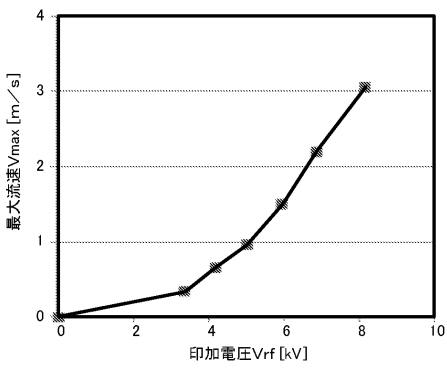
【図3】



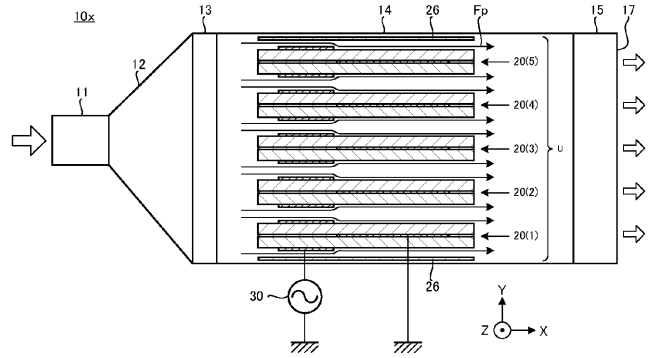
【図4】



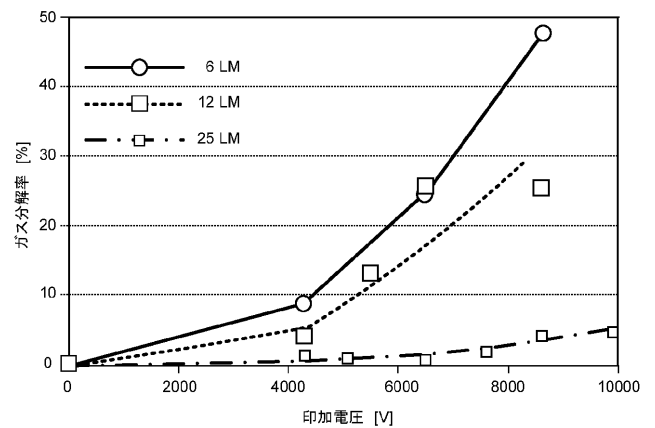
【図5】



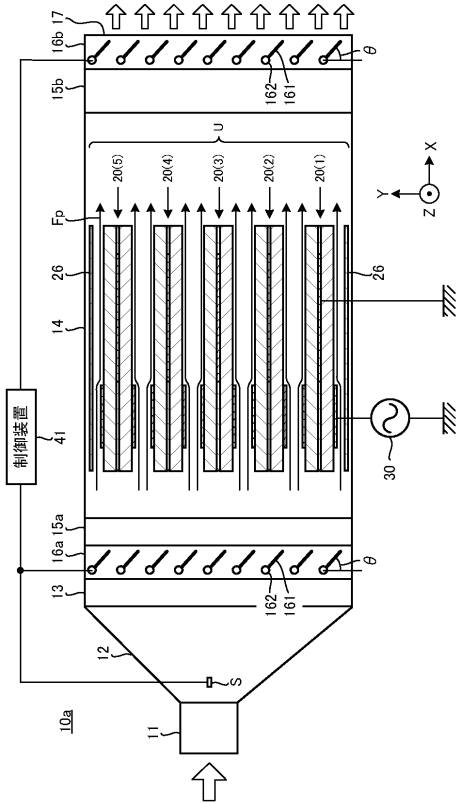
【図6】



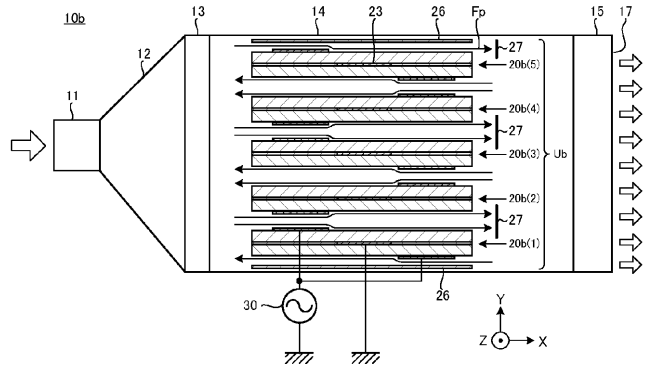
【図7】



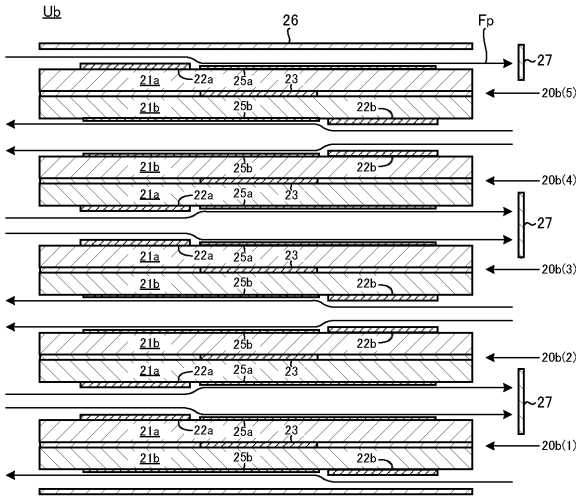
【図 8】



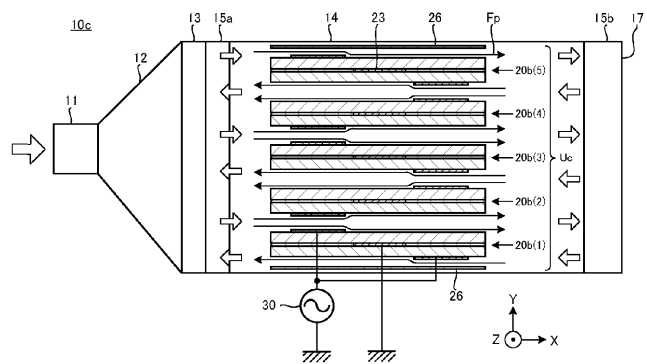
【図 9】



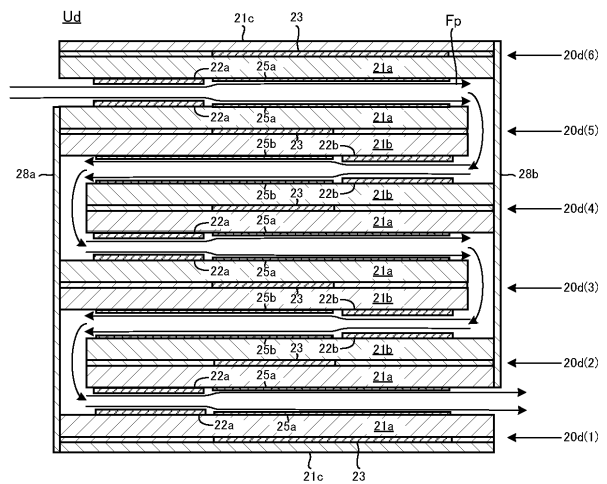
【図 10】



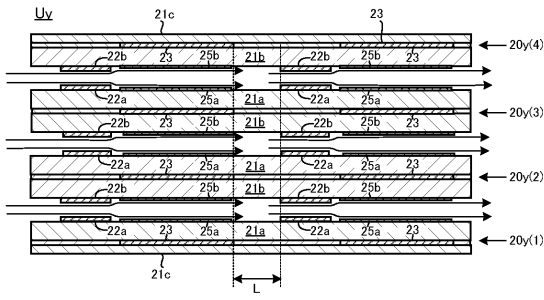
【図 11】



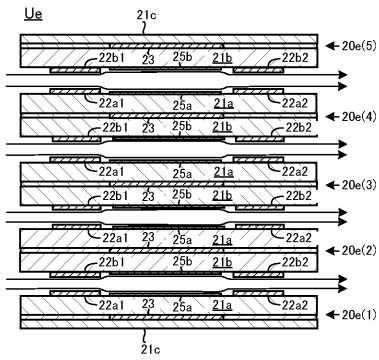
【図 12】



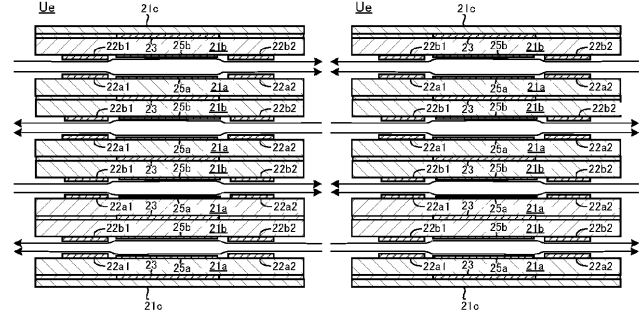
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		テーマコード(参考)
A 6 1 L 9/22 (2006.01)	A 6 1 L	9/22	4 G 0 7 5
H 0 5 H 1/24 (2006.01)	H 0 5 H	1/24	
H 0 5 H 1/30 (2006.01)	H 0 5 H	1/30	
B 0 1 D 53/86 (2006.01)	B 0 1 D	53/86	2 6 0

Fターム(参考)	2G084	AA18	AA23	BB07	BB21	BB27	BB29	CC03	CC19	CC34	DD14
		DD22	DD25	DD63	DD64	DD66	FF02	FF20	FF23	FF38	FF39
		FF40	GG04	GG07	GG12	GG13	GG14	GG15	GG23	HH09	HH21
		HH28	HH30	HH36	HH42						
	4C080	AA09	BB02	BB05	CC02	CC08	QQ11				
	4D002	AA13	AA32	AA33	AC10	BA07	BA14	CA20	EA01	EA05	GA02
		GA03	GB01	GB02	GB20	HA03					
	4D048	AA02	AA06	AA12	AB03	CD10					
	4D148	AA02	AA06	AA12	AB03	CD10					
	4G075	AA03	AA37	AA61	BA05	BD01	CA47	CA54	DA02	DA18	EB01
		EB42	EC21	EC25	FA12	FC15					